

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-245326

(43)Date of publication of application : 07.09.2001

(51)Int.Cl.

H04N 17/00
B60R 1/00
H04N 5/225
H04N 7/18

(21)Application number : 2000-392787

(71)Applicant : AISIN SEIKI CO LTD

(22)Date of filing : 25.12.2000

(72)Inventor : KAKINAMI TOSHIAKI

(30)Priority

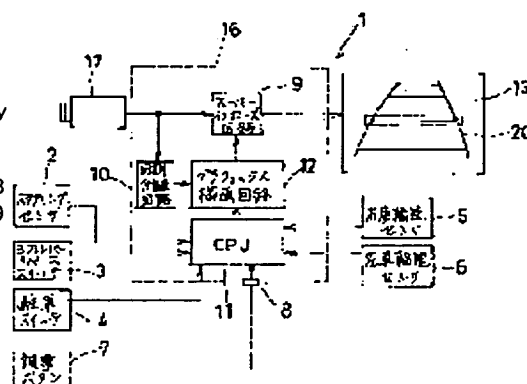
Priority number : 11365754 Priority date : 24.12.1999 Priority country : JP

(54) DEVICE AND METHOD FOR CALIBRATING ON-VEHICLE CAMERA, AND CALIBRATION INDEX

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device and method for calibrating an on-vehicle camera by which calibration is conducted by a simple method without using a stereoscopic object in the case of calibration using a calibration index in a vehicle manufacturing shop or the like, and to provide the calibration index capable of setting the camera parameters by which an image can be made in an optional area on a screen.

SOLUTION: A planer calibration index TB placed on a plane is used for calibration, a camera image is displayed on a display device including the calibration index TB and a prescribed window WD is displayed on the display device. The position of the window WD is changed by using an image coordinate system having two-dimensional coordinates. An adjustment button 7 adjusts the positional relation so as to put the calibration index TB into the window. Camera parameters (unknown roll, tilt and panning angles θ_r , θ_t , and θ_p) are set for a camera 17 when the calibration index TB is accommodated in the window in a nearly matched state.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-245326

(P2001-245326A)

(43) 公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)

(51) Int.Cl.⁷ 識別記号

H 0 4 N 17/00

B 6 0 R 1/00

H 0 4 N 5/225
7/18

F I

H 0 4 N 17/00

B 6 0 R 1/00

H 0 4 N 5/225
7/18

テマート* (参考)

K

A

C

J

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-392787(P2000-392787)

(22) 出願日 平成12年12月25日(2000.12.25)

(31) 優先権主張番号 特願平11-365754

(32) 優先日 平成11年12月24日(1999.12.24)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000011

アイシン精機株式会社

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地

(72) 発明者 柿並 俊明

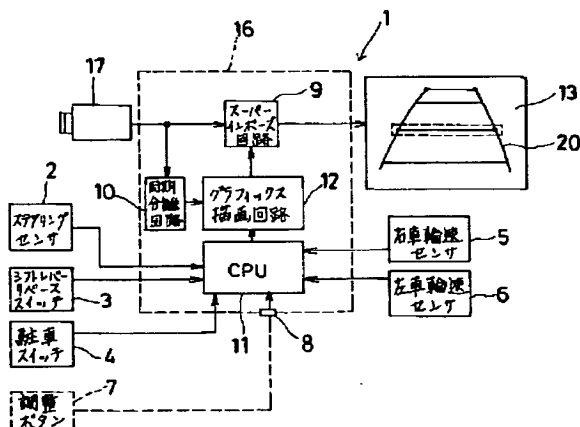
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

(54) 【発明の名称】 車載カメラの校正装置および校正方法、並びに校正指標

(57) 【要約】

【課題】 車両の製造現場等において、校正指標を用いて校正を行う場合に立体物を使用せず簡単な方法で校正が行える装置および方法を提供すること、画面上の任意の点に描画が可能となるようカメラパラメータを設定可能な校正指標とすること。

【解決手段】 平面に配置した平面状の校正指標 T B を校正に用い、その校正指標 T B を含むようカメラ画像をディスプレイ上に表示させ、所定のウィンドウ W D を表示させる。ウィンドウ W D の位置を 2 次元座標となる画像座標系で変化させ、校正指標 T B がウィンドウ内に入るよう位置関係を調整ボタン 7 により調整し、校正指標 T B がウィンドウ内に略一致した状態で収まったときのカメラパラメータ (未知のロール角 θ_r 、チルト角 θ_t 、パン角 θ_p) を、そのカメラ 1 7 のカメラパラメータとして設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両に取付けられたカメラの校正を、前記カメラで撮像されるカメラ画像内の定位置に置かれた校正指標を基にして行う車載カメラの校正装置において、

平面状の校正指標を平面に配置して、該校正指標を含む前記カメラ画像を表示可能な表示手段と、

該表示手段に所定のウィンドウを表示するウィンドウ表示手段と、

該ウィンドウ表示手段の位置を前記カメラによって撮像される画像座標内で変化させる調整手段と、

該調整手段により前記校正指標を前記ウィンドウ内に入るよう前記ウィンドウの位置関係を調整し、前記校正指標が前記ウィンドウ内に収まったときのカメラパラメータを、前記カメラのカメラパラメータとして設定するパラメータ設定手段と、を備えたことを特徴とする車載カメラの校正装置。

【請求項 2】 車両に取付けられたカメラの校正を、前記カメラで撮像されるカメラ画像内の定位置に置かれた校正指標を基にして行う車載カメラの校正方法において、

平面状の校正指標を平面に配置して、該校正指標を含む前記カメラ画像を表示可能な表示手段と、該表示手段に所定のウィンドウを表示するウィンドウ表示手段と、該ウィンドウ表示手段の位置を前記カメラによって撮像される画像座標内で変化させる調整手段とを備え、

前記表示手段に前記校正指標を表示させ、前記校正指標が前記ウィンドウ内に入るように前記ウィンドウの位置関係を調整し、前記校正指標が前記ウィンドウ中に入ったときのカメラパラメータを、前記カメラのカメラパラメータとして設定することを特徴とする車載カメラの校正方法。

【請求項 3】 前記調整手段によって、カメラ画像に表示される前記ウィンドウを前記校正指標に対して回転または移動させて調整を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の車載カメラの校正方法。

【請求項 4】 車両に取付けられて車両の一方向を撮像して表示する表示手段に、車両の走行に係る可動画像を重畳表示させ、該可動画像の一部に対応する 3 次元空間上の点をカメラパラメータを設定するための指標としたことを特徴とする車載カメラの校正指標。

【請求項 5】 前記可動画像は、ステアリング舵角によって変化する走行予想軌跡としたことを特徴とする車載カメラの校正指標。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、車載カメラを車両に取り付ける場合におけるカメラの校正、或いは、車載カメラの取付位置が規定位置よりずれた場合にカメラの校正を行う校正装置およびそのときの校正方法、並びに

校正指標に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、カメラの校正に関しては、さまざまな企業および研究機関によってアルゴリズムを確立させる研究がなされており、この中の一つの方法としては、形状が予め既知であって特徴ある立体物を、校正用の指標として 3 次元空間上に置き、その立体物の特徴点がカメラの画像座標系でどのように表示されるかによって、カメラパラメータを算出する方法が知られている。

例えば、このようにカメラパラメータを設定する方法は、INRIA Camera Calibration without Feature Extraction Research Report No. 2204 (Feb. 1994) の 1 ～ 21 頁に開示されており、ここに開示される校正方法では、特徴ある立体物校正指標を用いて、11 自由度のカメラパラメータを算出している。

【0003】 また、車両後方を撮像するカメラと、距離スケールの図形や文字を発生させる信号発生装置を備え、モニタ上に写し出される後方の風景の中で、距離スケールを上下任意に動かして距離スケールを実画面上に正確な位置に合わせる車載カメラの校正に関しては、特開平 4-103444 号公報に開示されている。

【0004】

【本発明が解決しようとする課題】 前者に示されるカメラの校正方法では、カメラパラメータを決定するために、特徴ある立体物をカメラで撮像可能な位置に置き、立体物がカメラの画像座標系において、どの点に表示されるかを幾何学的に算出し、3 次元空間からカメラパラメータを決定する方法を取っている。このように、車両にカメラを取付けた後、カメラの校正を行う場合にあっては、校正を行う対象物が車両に取り付けられたカメラである場合においては、工場等の車両組立ラインで校正を行うことになるが、このような生産現場では作業性が良いことが条件となる。生産現場では、特徴ある立体物を置いて校正を行う方法を取ると、校正指標として立体物をその都度置くことは効率が悪く、しかも、災害防止の面から言って、校正のために足元に 3 次元的な立体物を置くことは避け、カメラの校正を行う校正指標は、工場の床面に描画された模様のように、作業者が踏みつけても良い指標であることが望まれる。

【0005】 また、後者の校正方法では、モニタ上に写し出される後方の風景の中で、距離スケールを上下任意に動かして距離スケールを実画面上の正確な位置に合わせ、車両後方の距離感を把握するものであり、カメラパラメータの設定は行っていない。従って、車両のカメラによって撮像されたモニタ画面上に、駐車操作時にドライバーの操作をアシストする走行予想軌跡を、ステアリング操作によって可変表示できるよう、後方画像の中に電氣的に重畳表示する場合には、カメラパラメータを求めていないので、ディスプレイ画面上の任意の位置へ走行予想軌跡を描画することができないものとなる。

【0006】 によって、本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、車両の製造現場等でカメラの校正を行う場合であっても、簡単な方法で校正が行える装置および方法を提供すること、画面上の任意の点に描画が行えるようカメラパラメータを設定可能な校正指標とすることを技術的課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するために講じた第1の技術的手段は、車両に取付けられたカメラの校正を、前記カメラで撮像されるカメラ画像内の定位置に置かれた校正指標を基にして行う車載カメラの校正装置において、平面状の校正指標を平面に配置して、該校正指標を含む前記カメラ画像を表示可能な表示手段と、該表示手段に所定のウィンドウを表示するウィンドウ表示手段と、該ウィンドウ表示手段の位置を前記カメラによって撮像される画像座標内で変化させる調整手段と、該調整手段により前記校正指標を前記ウィンドウ内に入るよう前記ウィンドウの位置関係を調整し、前記校正指標が前記ウィンドウ内に収まったときのカメラパラメータを、前記カメラのカメラパラメータとして設定するパラメータ設定手段と、を備えたことである。

【0008】 第1の技術的手段によれば、校正には平面（例えば、地面または床面）に配置した平面状の校正指標を用いて、その校正指標を含むカメラ画像を表示手段に表示させ、そこに所定のウィンドウを表示させる。ウィンドウの位置をカメラによって撮像される画像座標内で変化させ、校正指標がウィンドウ内に入るよう位置関係を調整手段により調整し、校正指標がウィンドウ内に収まったときのカメラパラメータを、カメラのカメラパラメータとして設定するようにしたので、カメラパラメータの設定は調整手段の調整だけで設定が可能となる。この場合、校正指標は平面状であることから、校正指標は床面に置か貼り付けられ校正を行う場合にあっては邪魔にならず、車両の製造現場等においても、簡単な方法でカメラの校正が行える装置が提供される。

【0009】 また、上記の課題を解決するために講じた第2の技術的手段は、車両に取付けられたカメラの校正を、前記カメラで撮像されるカメラ画像内の定位置に置かれた校正指標を基にして行う車載カメラの校正方法において、平面状の校正指標を平面に配置して、該校正指標を含む前記カメラ画像を表示可能な表示手段と、該表示手段に所定のウィンドウを表示するウィンドウ表示手段と、該ウィンドウ表示手段の位置を前記カメラによって撮像される画像座標内で変化させる調整手段とを備え、前記表示手段に前記校正指標を表示させ、前記校正指標が前記ウィンドウ内に入るように前記ウィンドウの位置関係を調整し、前記校正指標が前記ウィンドウ内に入ったときのカメラパラメータを、前記カメラのカメラパラメータとして設定したことである。

【0010】 第2の技術的手段によれば、校正には平面

に配置した平面状の校正指標を用い、その校正指標を含むカメラ画像を表示手段に表示させ、そこに所定のウィンドウを表示させる。ウィンドウの位置をカメラに投影される画像座標系で変化させ、校正指標がウィンドウ内に入るよう位置関係を調整手段により調整し、校正指標がウィンドウ内に収まったときのカメラパラメータを、カメラのカメラパラメータとして設定することにより、カメラパラメータの設定は調整手段による調整だけで可能となる。この場合、校正指標は平面状であることから、校正を行う場合、工場等においては床面に固定されるか、貼り付けられれば良く、従来の如く立体物ではないことから、作業者の邪魔にはならず、車両の製造現場等において、簡単な方法でカメラの校正が行える。

【0011】 この場合、調整手段によって、カメラ画像に表示されるウィンドウを校正指標に対して回転または移動させて調整を行うようにすれば、ウィンドウの位置を調整手段の調整で回転または移動させ、簡単な方法でカメラパラメータを設定することが可能となる。よって、カメラパラメータの設定が行えるので、画面上の任意の点に描画が可能となる。

【0012】 一方、車両に取付けられて車両の一方向を撮像して表示する表示手段に、車両の走行に係る可動画像を重畳表示させ、該可動画像の一部に対応する3次元空間上の点をカメラパラメータを設定するための指標（配置位置）とすれば、カメラで撮像する3次元空間内に校正指標を置かなくて良い。

【0013】 更に、可動画像は、ステアリング舵角によって変化する走行予想軌跡とすれば、走行予想軌跡の一部からカメラパラメータを求めることが可能となり、正確なカメラパラメータが設定されているかの確認が瞬時にして行える。

【0014】 この場合、走行予想軌跡は、はしご状に表示させ、所定の距離間隔で距離線が表示されるようにすると良い。

【0015】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の一実施形態を図面を参照して説明する。

【0016】 図1は、本発明の校正装置を車両において駐車を補助する装置（以下、駐車アシスト装置と称す）1に適用した図である。本装置1は、ドライバーが駐車操作を意図する場合（駐車操作時）にディスプレイ上に車両がバック時に通過するであろう走行予想軌跡20を後方画像に電氣的に重畳表示させるものである。コントローラ16には車両の後方を撮影するCCDカメラ（以下、カメラと称す）17、ステアリングホイール（以下、ステアリングと称す）21の操舵角を検出するステアリングセンサ2、トランスミッションのシフトンバーのリバース（後退）状態を検出するシフトンバーリバーススイッチ3、駐車操作時に駐車アシスト機能を動作させる駐車スイッチ4、および、従動輪の左右の車輪速度

を検出する車輪速センサ5、6からの信号が入力される。これらの信号を基にコントローラ16は、ディスプレイ13上に車両の後方画像と走行予想軌跡20を電気的に重ねて表示する。コントローラ16には、更に、車両の製造出荷時にカメラ位置を補正する場合や、車両衝突、或いは車両走行時の振動によりカメラ17の取付位置が正規位置よりずれてしまった場合等に、外部からの校正が外部装置を取り付けて可能となるように、コネクタ8が設けられている。このコネクタ8に外部から調整ボタン7を接続し、調整ボタン7を操作することによって、カメラ17の正規位置での予め設定されたカメラパラメータの値を変更させて、カメラ17の校正を行うことが可能となっている。

【0017】コントローラ内部には制御を司るCPU11、ディスプレイ13にグラフィックスを描画するグラフィックス描画回路12、グラフィックス信号とカメラ17からの後方画像を重ね合わせるスーパーインポーズ回路9、カメラ画像から同期信号を抽出してグラフィックス描画回路12へ供給する同期分離回路10等を備える。

【0018】図2は、本装置1を車両に取り付けた場合の取付図を示す。後方を撮像するカメラ17は車両後方のナンバープレートの上の中心より多少ずれた位置に取り付けられ、光軸を下方に向けて設置され、車両後方の中央に下方（約30度）に向けて取り付けられ、カメラ自体は広角レンズにより水平方向に左右113度の視野を確保し、後方8m程度までの領域を撮像可能である。

【0019】車両の室内においては、センターコンソールにはパネル面にドライバーにとって視認性が良い角度でディスプレイ13が備え付けられ、グローブボックス上方にはコントローラ16が内部に取り付けられている。また、駐車操作時に駐車補助を要求する駐車スイッチ4は、ドライバーが操作し易いセンターコンソール近傍に設けられる。

【0020】駐車アシスト装置1は、シフトリバーススイッチ3がリバース状態になったときに、ドライバーによって駐車を補助する駐車スイッチ4が押されたとき（ドライバーが駐車を意図している場合であって、駐車アシストを必要とする場合）、右車輪速センサ5、左車輪速センサ6からの情報を基にしてステアリング舵角の中立点を求め、それを舵角基準点として、その基準点から右ないし左にステアリング21がどれだけ切られたかをステアリングセンサ2からのパルス信号を情報を基にて、どれだけ転舵されているのかを検知し、車両がバックを行うときに、車両が走行するであろう車両の走行予想軌跡20を、ディスプレイ上に後方画像に合わせて重畳表示させるものである。この走行予想軌跡20は可動画像であり、車両データを基にして表示幅および後方の所定距離（例えば、車両後方が0.5、1、3mの位置）に距離線がはしご状で表示され（図1参照）、ステ

アリング舵角に応じて、転舵された方向および転舵量に応じて軌跡の表示が動くようになっている。この走行予想軌跡20により、駐車スイッチ4を押せば、駐車に不慣れなドライバーでも駐車操作時に車両がどの軌跡をたどるのかと言った軌跡20が表示され、距離間隔がわかるので駐車操作が容易となる。尚、この走行予想軌跡20の表示方法および表示形態は公知（例えば、特開平11-334470号公報参照）であり、幾何学的な演算により算出し、表示させることが可能であるので、ここではその詳細な説明を割愛する。

【0021】このように、駐車操作をアシストする場合に表示される走行予想軌跡20は、ドライバーが後方の距離感を把握するためのものであるが、走行予想軌跡を正確にディスプレイ画面上に表示させるには、カメラ17の取り付け誤差から、カメラ17の校正が必要となる。

【0022】そこで、次に、カメラ17の校正について説明する。カメラ17の校正は生産ライン等で車両にカメラ17が取り付けられるとき、或いは、衝突や車両走行時の振動等によってカメラ17の取り付け位置が正規位置よりずれたときに、修理工場等で行われるものである。

【0023】以下、一例として工場での生産ラインにおけるカメラ17の校正方法について述べる。生産ラインでは車両を予め定まった所定位置（規定位置）に停止させた状態で行われる。所定位置に車両を停止させる場合、車両をバックまたは前進させ、タイヤ溝に車輪が嵌まるようにすれば、正確な位置で停止させることが可能である。このように、所定位置に車両を停止させた状態で、車両後方（例えば、車両のバンパーから1m後方）の位置に、車幅と略平行になるようにカメラ校正時に指標となる平面状の調整用ターゲットバー（校正指標）TBが、予め生産ラインの平面状の床面に固定または貼り付けられている。この調整用ターゲットバー（以下、ターゲットバーと称す）TBは、生産ラインの床面に固定される方法を取らず、地面に直接配置させても良く、固定方法はこれに限定されない。本実施形態において使用するターゲットバーTBは大きさが例えば、200cm×5cm×0.2cmの白色のプラスチック板を使用し、板厚が厚くなく、2次元空間で扱っても問題がない厚さとする。よって、ターゲットバーTBは立体物ではないことから、校正を行う生産ラインの作業員には邪魔にはならず、作業途中で足で踏まれても問題はない。

【0024】カメラ17の校正に関して、図4を参照して、ワールド座標系をカメラ座標系および画像座標系に変換する透視投影変換について説明する。この図で定義を行うと、世間一般の空間をワールド座標系： (X, Y, Z) 、カメラ取付け位置での座標系をカメラ座標系： (X', Y', Z') 、ディスプレイ画面上にカメラ画像が撮像される座標系を画像座標系： (x, y) と

すると、画像座標系（画像空間）と3次元座標系（3次元空間）との対応は、次式により表現できる。

【0025】

【数1】

$$\mathbf{x} = \mathbf{P}_p \begin{bmatrix} \mathbf{X} \\ 1 \end{bmatrix}$$

\mathbf{x} : 画像空間の斉次座標

\mathbf{X} : 3次元空間の斉次座標

\mathbf{P}_p : カメラ射影行列

この式を、具体的に表わすと次式となる。

【0026】

$$\mathbf{P}_p = \mathbf{C}[\mathbf{R} \mid \mathbf{T}]$$

\mathbf{C} : カメラ内部パラメータ（5つのパラメータで構成）

パラメータとして、

f : 焦点距離

κ_1 : レンズの歪曲係数

s_x : 縦横の倍率比

(C_x, C_y) : 画像中心位置の座標

$[\mathbf{R} \mid \mathbf{T}]$: はカメラ外部パラメータ（6つのパラメータで構成）

パラメータとして、

\mathbf{R} : 各軸に対する回転成分 θ_x : チルト角、 θ_y : パン角、 θ_z : ロール角

\mathbf{T} : 3次元座標の X, Y, Z 軸の各軸に対する並進成分 T_x, T_y, T_z

そこで、透視投影変換について述べると、例えば、(T_x, T_y, T_z)だけ平行移動後、 Y 軸の廻りに θ_y （パン角）だけ回転した後、 X 軸の廻りに θ_x （チルト角）、 Z 軸の廻りに θ_z （ロール角）だけ順次回転したとすると、並進と回転の各変換の成分は、次式の如く表現される。

【0027】

【数4】

$$[\mathbf{T}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【数5】

【数2】

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

\mathbf{P}_p は斉次行列のため定数倍の不定性があり、パラメータ（本実施形態では、これがカメラパラメータとなる）の数は12であるが、自由度は11である。また、 \mathbf{P}_p

10 は、

【数3】

$$[\mathbf{R}_x] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_x & -\sin\theta_x & 0 \\ 0 & \sin\theta_x & \cos\theta_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[\mathbf{R}_y] = \begin{bmatrix} \cos\theta_y & 0 & \sin\theta_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[\mathbf{R}_z] = \begin{bmatrix} \cos\theta_z & -\sin\theta_z & 0 & 0 \\ \sin\theta_z & \cos\theta_z & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

一方、ワールド座標系(X, Y, Z)に対するカメラ座標系(X', Y', Z')は、次式で表現される。

【0028】

【数6】

9

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ 1 \end{bmatrix} = [EXT] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

【数 7】

$$[R] = \begin{bmatrix} \cos\theta_y \cos\theta_z + \sin\theta_y \sin\theta_x \sin\theta_z & -\cos\theta_y \sin\theta_z + \sin\theta_y \sin\theta_x \cos\theta_z & \sin\theta_y \cos\theta_z & 0 \\ \cos\theta_x \sin\theta_z & \cos\theta_x \cos\theta_z & -\sin\theta_x & 0 \\ -\sin\theta_y \cos\theta_z + \cos\theta_y \sin\theta_x \sin\theta_z & \sin\theta_y \sin\theta_z + \cos\theta_y \sin\theta_x \cos\theta_z & \cos\theta_y \cos\theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a & b & c & 0 \\ d & e & f & 0 \\ g & h & i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【数 9】

$$[EXT] = [R_y] \cdot [R_x] \cdot [R_z] \cdot [T] = [R] \cdot [T]$$

$$= \begin{bmatrix} a & b & c & aT_x + bT_y + cT_z \\ d & e & f & dT_x + eT_y + fT_z \\ g & h & i & gT_x + hT_y + iT_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c & p \\ d & e & f & q \\ g & h & i & r \end{bmatrix}$$

よって、この式は、即ち、数 10 の右辺の第 1 行列式となる。

【0030】

【数 10】

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

これらのパラメータ (P_{11} , P_{12} , P_{13} ... P_{34}) の内、どれだけを未知として校正するかにより具体的な算出方法は異なるが、12 個全てのパラメータ要素を未知として校正するためには、数 2 の式に関して 1

$$x_i = \frac{P_{11}X_i + P_{12}Y_i + P_{13}Z_i + P_{14}}{P_{31}X_i + P_{32}Y_i + P_{33}Z_i + P_{34}}$$

で表現され、1 個の対応点から 2 つの線形方程式が得られるため、P の自由度 (= 11) : 未知数に対して 6 個以上の対応点に関する連立方程式を解けば、全パラメータが求まりカメラ 17 が校正される。よって、カメラ 17 にどのようなカメラを採用するかが決まればカメラの内

10

$$[EXT] = [R_y] \cdot [R_x] \cdot [R_z] \cdot [T] = [R] \cdot [T]$$

また、[R] は数 8 の式で表現され、[EXT] は、数 9 の式で表現される。

【0029】

【数 8】

1 元以上の連立方程式を解けば良い。

30 【0031】しかし、実用上ではいくつかを既知として扱って差し支えない場合や、所定数 n のパラメータを未知として、数 2 の式に関して n 元以上の連立方程式を解けば良いことになる。

【0032】実際、カメラを校正するには、既知の 3 次元上の複数の位置と、その各点に対応する画像上の点群から行列を算出する。このとき、複数のサンプル点に対してワールド座標系およびカメラ座標系での 3 次元座標と画像座標系の 2 次元画像座標との対応を取り、連立方程式を解いて要素を求めることができる。以降、3 次元上の点 : 3 次元点、2 次元画像上の点 : 画像点と称す。

【0033】3 次元点 X_i と画像点 X_i との対応は、

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{bmatrix}}$$

部パラメータ C は車両に搭載する前に測定しておけば既知となり、しかも、並進成分 T は車両のカメラ取付け場所により設計値を用いれば既知であることから、ロール角 θ_r 、チルト角 θ_t 、パン角 θ_p がわかればカメラ 17 の校正が行える。即ち、未知のロール角 θ_r 、チルト

50

角 θ_t 、パン角 θ_p を求めるのに、数11の式から2つの対応点が得られた場合、未知のパラメータの校正ができることになる。

【0034】そこで、車両における車載カメラ17の校正について、手順を説明する。本実施形態ではターゲットバーTBを床面上の指定した位置に配置する。ターゲットバーTBの両端の2点が校正上重要となる。

【0035】校正では、図3に示されるようにターゲットバーTBが、車両後方の所定位置（例えば、バンパーの後端から1mはなれた位置）に車両主軸（車両の中心を通る長手方向の軸）に対して、左右対称且つ垂直になるようにした状態から校正を始める。

【0036】この場合、校正時にはコネクタ8を介して調整ボタン7がCPU11の信号入力端子に接続される。調整ボタン7は、図5に示される構成を取り、Aボタン7a、Bボタン7b、Cボタン7cの3つのボタンを備える。Aボタン7aはダイオードD1、D2を介して、Bボタン7b、C7cの信号端子FCS1、FCS2とワイヤードアになっており、一端がGND共通で接地されている。また、調整ボタン7の他端はCPU11のFCS1、SCF2の入力端子に入力される。例えば、Aボタン7aを押すとFCS1、FCS2が共に低電位（Lo）となる。一方、Bボタン7bのみを押すとFCS1が低電位となり、Cボタン7cのみを押すとFCS2が低電位となる。尚、Aボタン7aはワイヤードアの構成を必ずしも取らなくても良い。

【0037】このAボタン7aを押すことで、図6の（a）～（c）に示されるように、ディスプレイ13の画面上にウィンドウWD（WD_r、WD_t、WD_pのいずれか）が表示される。このウィンドウWDは、ターゲットバーTBが中に入る大きさで後方画像に対して電氣的に重畳表示される。Aボタン7aによりモードの切替が可能となり、Aボタン7aを所定時間（例えば、0.5sec毎に連続して押すこと）により、ロール角調整モード、チルト角調整モード、パン角調整モード、調整終了モードと状態が遷移する。一方、Bボタン7bおよびCボタン7cは表示されるウィンドウWD（WD_r、WD_t、WD_p）位置を調整するためのボタンである。

【0038】尚、本実施形態では、チルト角 ± 5.5 度、パン角 ± 5.5 度、ロール角 ± 6.0 度以内であればターゲットバーTBがウィンドウ内に完全に納まるよう設定されている。

【0039】調整方法に関して説明を図7に示すが、最初モードであるロール角調整モードではBボタン7bを1回押す毎に、図6の（a）に示されるウィンドウWD_r（表示色：黄色、x方向の大きさ：（ $x_{rb} - x_{rs}$ ）ドット、y方向の大きさ：（ $y_{rb} - y_{rs}$ ）ドット）を所定角度（例えば、0.5度だけ）画像中心に対して左回転させ、Cボタン7cを1回押す毎に、ウィンドウWD_rを所定角度（例えば、0.5度だけ）画像中心に

対して右回転させる。

【0040】ここで、Bボタン7b或いはCボタン7cを1回操作ごとにロール角設定値を0.5度ずつ移動させ、ロール角調整時のウィンドウWD_rがターゲットバーTBと平行になるまで、Bボタン7b（左回転用）、Cボタン7c（右回転用）を操作する。尚、このモードではウィンドウWD_rの大きさがターゲットバーTBに対していくらか余裕がある。

【0041】ターゲットバーTBにウィンドウWD_rが回転操作を行って平行になったら、次に、Aボタン7aを所定時間（0.5sec）押し、今度はチルト角調整モードにする（図6の（b）参照）。

【0042】このモードではチルト調整用のウィンドウWD_t（表示色：赤色）がディスプレイ画面上に表示される。このモードでのウィンドウWD_tの大きさは、x方向ではウィンドウWD_rと同じあるが、y方向ではロール角調整用のウィンドウWD_rより小さくなり、1m後方で ± 2 cmの許容誤差を含むように8ドットで表示される。このモードでも同様な操作を行うが、今度はBボタン7b、Cボタン7cを1回押す毎にチルト設定値を所定角度（例えば、0.5度）ずつ変え、ウィンドウWD_tの上下境界がターゲットバーTBに略外接するまで、Bボタン7b（下方向移動用）、Cボタン7c（上方向移動用）を操作し、ウィンドウWD_tをy方向に動かしながら調整を行う。

【0043】その後、Aボタン7aを所定時間（例えば、0.5sec）押し続けると、今度はパン角調整モードになる（図6の（c）参照）。このモードでは、ウィンドウWD_p（表示色：青色）が表示される。このウィンドウWD_pはx方向の大きさ：ロール角調整用のウィンドウWD_rより幅が狭くなる（ $x_{pb} - x_{rs}$ ）ドット、y方向の大きさ：1m後方で左右方向 ± 3 cmの許容誤差を含む。調整に関しては同様であるが、今度はBボタン7b、Cボタン7cを1回操作する毎にパン角設定値を所定角度（0.5度）ずつ変え、ウィンドウWD_pの左右境界がターゲットバーTBに略外接するまで、Bボタン7b（左方向移動用）、Cボタン7c（右方向移動用）を操作することでウィンドウWD_pがx方向に動き、ターゲットバーTBの両端が略外接する位置まで調整を行う。

【0044】このようにして、ロール角、チルト角、パン角の調整を行い、ターゲットバーTBがウィンドウWD_pと略一致した状態になった後、再び、Aボタン7aを所定時間（0.5sec）以上連続して押すと、調整モード終了となり、そのときのウィンドウ状態に基づく角度が決定される。この場合、3つのモードの調整によって得られた角度情報がそのときのカメラ17のカメラパラメータとしてCPU内部のEEPROMに書き込み、調整モードを終了する。

【0045】このような調整により、調整を終了する

と、調整により設定されたカメラパラメータを基にして、ディスプレイ画面上に走行予想軌跡 20 が表示される。

【0046】この場合、図 8 に示すように走行予想軌跡 20 を所定距離線 (0.5, 1, 2, 3 m 間隔ではしご状に表示させると良い。例えば、その軌跡上の 1 つの距離線 (例えば、車両後方 1 m のライン) をターゲットバー T B として用いれば、走行予想軌跡 20 の一部 (距離線 (1 m) の両端の点 T B R, T B L) からカメラパラメータを求めることが可能となり、正確なカメラパラメータが設定されているかの確認が同じ走行予想軌跡 20 を用いて瞬時にして行える。一方、後方の所定距離の位置にターゲットバー T B を固定する場合、カメラパラメータを設定した後、走行予想軌跡 20 を表示させると、校正によって得られたカメラパラメータが正確に設定されているのか否かを、走行予想軌跡 20 の距離線 (車両後方 1 m のライン) により容易に確認が行える。

【0047】このようにして、カメラパラメータの設定を行えば、駐車操作時にディスプレイ上に可変表示される走行予想軌跡 20 は、カメラ 17 の公差や車体への取付け公差の影響を受けなくなる。

【0048】

【効果】本発明によれば、校正に平面に配置した平面状の校正指標を用いて、その校正指標を含むカメラ画像をディスプレイ上に表示させ、そこに所定のウィンドウを表示させる。ウィンドウの位置をカメラによって撮像される画像座標内で変化させ、校正指標がウィンドウ内に入るよう位置関係を調整手段により調整し、校正指標がウィンドウ内に収まったときのカメラパラメータを、カメラのカメラパラメータとして設定するようにしたので、カメラパラメータの設定は調整手段の調整だけで設定できる。この場合、校正指標は平面状であることから、校正指標は床面に置くか貼り付ければ校正を行う場合にあっては邪魔にならず、車両の製造現場等においても、簡単な方法でカメラの校正が行える装置が提供されると共に、カメラの校正が簡単に行える。

【0049】この場合、調整手段によって、カメラ画像に表示されるウィンドウを校正指標に対して回転または移動させて調整を行うようにすれば、ウィンドウの位置を調整手段の調整で回転または移動させ、簡単な方法でカメラパラメータを設定することが可能となる。よって、カメラパラメータの設定が行えるので、画面上の任意の点に描画できる。

【0050】一方、車両に取付けられて車両の一方向を撮像して表示する表示手段に、車両の走行に係る可動画像を重畳表示させ、該可動画像の一部に対応する 3 次元空間上の点をカメラパラメータを設定するための指標とすれば、カメラで撮像する 3 次元空間内に校正指標を置かなくて済む。

【0051】更に、可動画像は、ステアリング舵角によって変化する走行予想軌跡とすれば、走行予想軌跡の一部からカメラパラメータを求めることが可能となり、正確なカメラパラメータが設定されているかの確認が瞬時にでき、設定が容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態における車載カメラの校正装置を駐車アシスト装置を例にとって説明する場合のシステム構成図である。

【図 2】 図 1 に示す駐車アシスト装置を車両へ取付けた場合の取付図である。

【図 3】 図 1 に示す車両に取り付けられたカメラとターゲットバーとの関係を示した図である。

【図 4】 本発明の 3 次元座標 (ワールド座標系、カメラ座標系) から 2 次元座標 (画像座標系) に変換する透視投影変換を説明するための説明図である。

【図 5】 図 1 に示す調整ボタンの構成図である。

【図 6】 図 1 に示すディスプレイ画面上で表示される表示画面であり、校正時のターゲットバーに対するウィンドウの移動を示しており、(a) はロール角調整モード、(b) はチルト角調整モード、(c) はパン角調整モードにおける表示画面を示す。

【図 7】 図 1 に示す調整ボタンの操作によって、モード遷移した場合のウィンドウ移動を示した説明図である。

【図 8】 本発明の一実施形態におけるターゲットバーを走行予想軌跡の一部とした例を示す。

【符号の説明】

1 駐車アシスト装置

7 (7 a, 7 b, 7 c) 調整ボタン (調整手段)

9 スーパーインポーズ回路

11 CPU

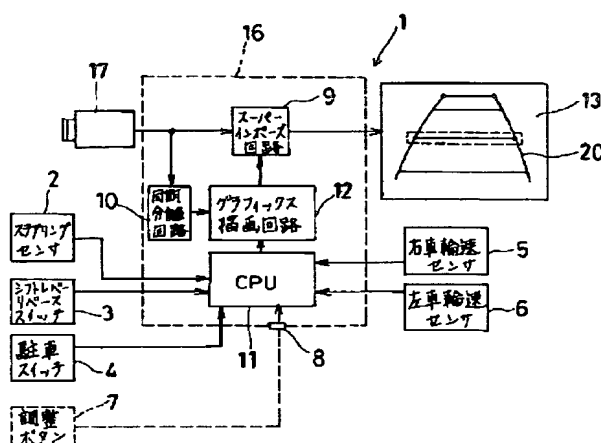
13 ディスプレイ (表示手段)

20 走行予想軌跡 (可動画像)

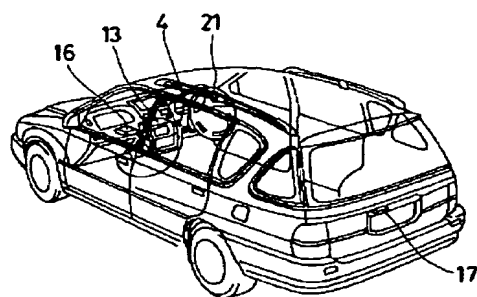
T B ターゲットバー (校正指標)

WD (WD r, WD t, WD p) ウィンドウ (ウィンドウ表示手段)

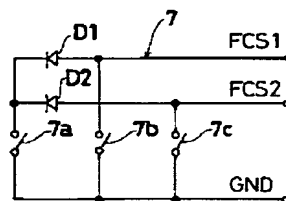
【図1】



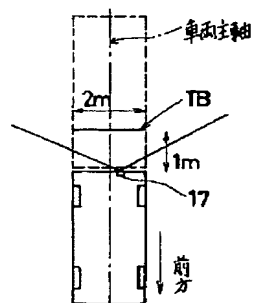
【図2】



【図5】

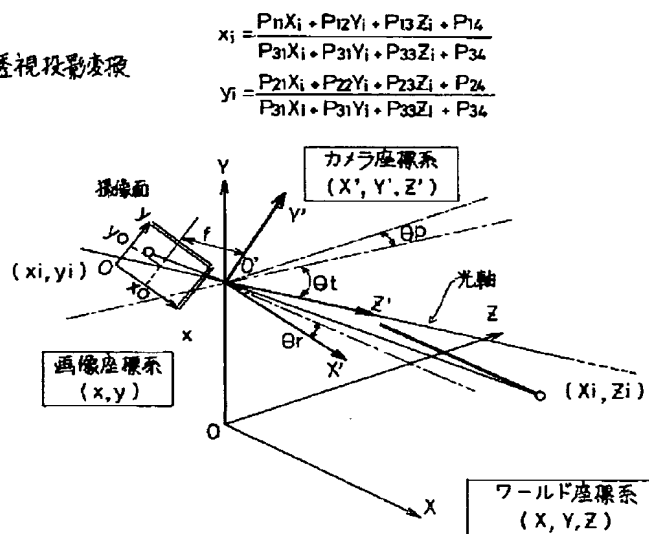


【図3】

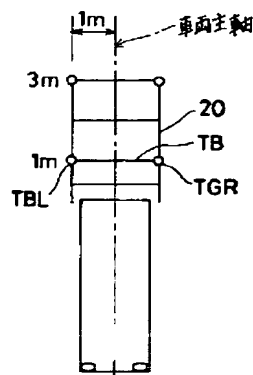


透視投影変換

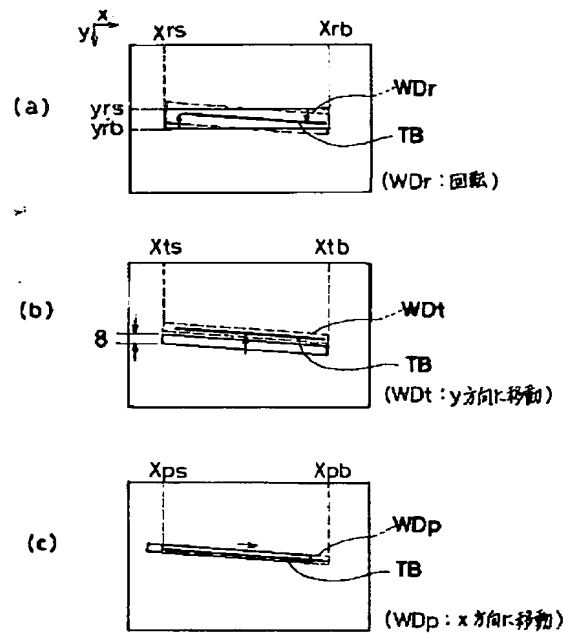
【図4】



【図8】



【図6】



【図7】

| 番号 | モード遷移 | | ウィンドウ移動 | |
|----|---------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| | Aボタン | | Bボタン | Cボタン |
| ① | 0.5 秒押し | ロール角調整モード | 押すごとに 0.5 度づつウィンドウを左回転 | 押すごとに 0.5 度づつウィンドウを右回転 |
| ② | 0.5 秒押し | チルト角調整モード | 押すごとに 0.5 度づつウィンドウを下に移動 | 押すごとに 0.5 度づつウィンドウを上に移 |
| ③ | 0.5 秒押し | パン角調整モード | 押すごとに 0.5 度づつウィンドウを左に移動 | 押すごとに 0.5 度づつウィンドウを右に移 |
| ④ | 0.5 秒押し | 記録・調整モード終了モード *1) | | |

*1):調整されたカメラパラメータをE²ROMへの書き込み、調整モードの終了
調整モードを終了すると、調整されたカメラパラメータによる予想軌跡が表示される。